

Carrizo silvestre (*Arundo donax*) como sustrato alternativo en la producción de *Pleurotus ostreatus*

Wild reed (*Arundo donax*) as an alternative substrate in the production of *Pleurotus ostreatus*

Ma. Angeles Valencia de Ita¹, Ma. Dolores Castañeda Antonio², Manuel Huerta Lara³, Omar Romero-Arenas⁴

¹ Facultad de Arquitectura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Puebla, México.

² Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas-ICUAP-BUAP, Puebla, México.

³ Departamento de Desarrollo Sustentable, ICUAP-BUAP, Puebla, México.

⁴ Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias, BUAP, Puebla, México.

RESUMEN

Antecedentes: La producción de hongos comestibles es una alternativa para la obtención de alimentos, manejo de residuos agrícolas y aprovechamiento de recursos vegetales; en el caso de *Arundo donax*, además de ser una especie exótica invasora en sistemas riparios, es un eficiente productor de biomasa, con alto contenido de nutrientes, que lo convierten en un sustrato adecuado para la producción de setas.

Objetivos: Evaluar el potencial productivo y proximal de la CP-50 de *P. ostreatus*, utilizando carrizo silvestre en comparación y combinación con residuos agrícolas, en condiciones controladas.

Métodos: Se seleccionó el carrizo silvestre y tres residuos agrícolas de la región de Tetela de Ocampo, Puebla. Se evaluó la eficiencia biológica, la tasa de producción y la tasa de biodegradación en un diseño de bloques al azar, además, se realizó un estudio químico proximal de los basidiomas obtenidos de la cepa CP-50 y de *A. donax* como sustrato y se calculó el valor energético (Kcal/100 g) de las setas para cada tratamiento.

Resultados y conclusiones: *Arundo donax* como sustrato obtuvo el mayor rendimiento, ya que presentó una alta concentración de proteína y materia seca, la cual benefició el potencial productivo de la CP-50 con residuos agrícolas de la región.

Palabras clave: cultivo de setas, proteína cruda, FDA, FDN

ABSTRACT

Background: The production of edible mushrooms is an alternative for the obtaining of food, management of agricultural residues and use of plant resources; in the case of *Arundo donax*, besides being an invasive exotic species in riparian systems, it is an efficient producer of biomass, with a high content of nutrients, which makes it an adequate substrate for the production of the oyster mushrooms.

Objective: To evaluate the productive and proximal potential of the strain CP-50 of *P. ostreatus*, using wild reed in comparison and combination with agricultural residues, under controlled conditions.

Methods: The wild reed was selected and three agricultural residues from the Tetela de Ocampo region, Puebla. The biological efficiency, the production rate and the biodegradation rate were evaluated in a randomized block design, also it has been made proximal chemical study of the basidiomas obtained from the strain CP-50 and *A. donax* as a substrate, calculated the energy value (Kcal/100 g) of the oyster mushrooms for each treatment.

Results and conclusions: *Arundo donax* as a substrate obtained the highest yield, since I present a high concentration of protein and dry matter, which benefits the productive potential of the strain CP-50 in agricultural residues of the region.

Keywords: oyster mushroom cultivation, crude protein, FDA, NDF

ARTICLE HISTORY

Received 12 July 2017 / Accepted 21 June 2018

On line 02 November 2018

CORRESPONDING AUTHOR

✉ Omar Romero Arenas, biol.ora@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El género *Pleurotus* Fr. (P: Kumm.) es una fuente de potencial biotecnológico que abarca multitud de campos de aplicación; debido a su capacidad de degradar

celulosa, hemicelulosa y lignina, su facilidad de cultivo, potencial económico y calidad nutricional (Patil et al., 2010; Andriano et al., 2011; Martínez, 2012). Actualmente la biotecnología aplicada al cultivo de hongos comestibles permite obtener grandes producciones

en relativamente poco espacio (Romero et al., 2010), representando una agroindustria socioeconómica importante; pues no sólo provee un alimento con alto valor nutricional, sino también representa una industria generadora de empleos (Salmones et al., 2012; Kholoud et al., 2014). De esta manera el cultivo de *P. ostreatus* ocupa el segundo lugar entre las especies cultivadas con propósitos alimenticios a nivel mundial (Suárez y Nieto, 2013).

La producción de hongos comestibles es una alternativa accesible para la obtención de alimentos; más del 40% de los municipios del Estado de Puebla producen hongos comestibles; el cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*) se encuentra distribuido en 41 municipios y el hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) se encuentra con una cobertura mayor, ocupando 90 municipios del estado (Medel Ortiz et al., 2011). El hongo seta es un alimento que aporta más calorías (350) que la carne roja (150) o el pescado (101) de acuerdo con Romero et al. (2010). A nivel comercial se han obtenido sus fructificaciones en paja de cebada, paja de trigo y pulpa de café (Guzmán et al., 2013), pero a nivel rural no se tiene antecedentes del cultivo de *P. ostreatus* en carrizo silvestre.

El carrizo silvestre (*Arundo donax* L.) es una de las gramináceas más grandes del mundo, sus hojas pueden llegar a medir hasta 61 cm de largo (Corno et al., 2014). Las inflorescencias aparecen al final del verano, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas de cada región (Global Invasive Species Database, 2012). Se ha registrado que bajo condiciones óptimas crece hasta 5 cm por día y tiene la capacidad de adaptarse a suelos de baja calidad, tolera distintos rangos de pH, desde 5-8.7 y presenta flexibilidad fisiológica; que le permite desarrollarse en áreas cuyas precipitaciones varían desde los 300-4000 mm anuales (Flores et al., 2008).

En México la especie se distribuye en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Puebla (Flores et al., 2008; CONABIO, 2011). Y es frecuente observarla en los sistemas riparios (Coffman et al., 2010). El Protocolo de Remoción de "Arundo" (Jackson et al., 2002) establece que la planta consume 4,687.22 metros cúbicos de agua por cada 1,000 acres por año, tres veces más agua que la vegetación nativa típica y es responsable de cambiar el paisaje de las áreas ribereñas (Seawright et al., 2009). La reducción en la vegetación nativa hace que la estructura del dosel disminuya alrededor de la corriente, provocando

una mayor radiación solar; que propicia un pH más alto en el agua, afectando a peces y otras especies nativas de la zona (McGaugh et al., 2006). Además, esta especie forma a menudo paredes impenetrables de material vegetal, lo que evita el movimiento de especies de la biota terrestre y anfibia, provocando la pérdida de diversidad en dichas áreas (Herrera y Dudley, 2003). De forma adicional, el carrizo silvestre es un eficiente productor de biomasa, con una productividad natural de 20-55 ton/ha⁻¹ en cultivo (Corno et al., 2014), contiene 31% de lignina, 6.9% de proteína cruda, 37.5% de fibra cruda y hasta 9.2% de ceniza total, con altos niveles de celulosa y hemicelulosa (Perdue, 1958; Faix et al., 1989). Estas características lo convierten en un buen sustrato para la producción de setas.

En Puebla se generan alrededor de 22 200 ton de residuos provenientes de las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas y ganaderas (SSA-yOT, 2012), por lo que estos esquilmos generados en el campo poblano representan una gran cantidad de nutrientes para los hongos, que son capaces de metabolizarlos eficientemente (Shimomura y Hasebe, 2004). El objetivo del presente trabajo es presentar una opción para el cultivo de *P. ostreatus*, utilizando residuos agrícolas de la región de Tetela de Ocampo, Puebla, como son: paja de avena, rastrojo de maíz y paja de cebada, en comparación y combinación con carrizo silvestre para la producción de basidiomas en condiciones controladas, con potencial para la agroindustria rural de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Planta Experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles del Centro de Agroecología, perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Cepas y sustratos

La cepa (CP-50) de *P. ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm., empleada en el estudio proviene del Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados y está depositada en el Cepario de Hongos Comestibles del Campus Puebla-México. La cepa es mantenida en un medio compuesto de agar de dextrosa y papa (PDA) marca Bioxon, a temperatura ambiente (Sobal et al., 2007). Se utilizaron tres esquilmos agrícolas: paja de avena

(*Avena sativa* L.), paja de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) más carrizo seco (*A. donax*) que se adquirieron en la región de Tetela de Ocampo, Puebla-México.

Producción de fructificaciones de la cepa CP-50 de *P. ostreatus*

El inóculo se preparó con semilla de trigo (*T. aestivum* L.), el tratamiento consistió en hervir 25 kg de trigo durante 20 min en 50 L de agua y, se dejó reposar durante 30 min. Posteriormente se escurrió en dos recipientes de plásticos con capacidad de 10 kg durante 60 min; se le adicionó la cantidad de 5 g de cal y 20 g de yeso por cada 10 kg de grano húmedo. Se colocaron 500 g de granos de trigo preparados en frascos con capacidad de 700 g y se esterilizó durante 60 min a 121 °C. Cuando los frascos se enfriaron, se inocularon con 0.25 cm² de agar con micelio de la cepa CP-50 dentro de una campana de flujo laminar (Vecco, México) y se incubaron a temperatura ambiente durante 25 días (Romero et al., 2010). Para la siembra de la cepa, los sustratos se fragmentaron mecánicamente en porciones de 1-3 cm de longitud con ayuda de una picadora de forraje (Romero, 2010) y fueron pasteurizados en agua caliente a 80 °C por 2 horas. (Bandopadhyay, 2013), transcurrido el tiempo de pasteurización, los sustratos se transportaron al área de siembra para permitir su enfriamiento y el escurrimiento del exceso de humedad (alrededor de 30 min). Posteriormente se procedió a la inoculación; se prepararon bolsas de plástico de 6 kg (peso húmedo) de cada sustrato, inoculadas homogéneamente con la "semilla" previamente preparada en una relación 1:10.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, utilizando siete tratamientos con diez repeticiones cada uno: a) Tratamiento "Ca" constituido por carrizo triturado; b) Tratamiento "Av": conformado por paja de avena, c) Tratamiento "Cb": establecido por paja de cebada, d) Tratamiento "Ma": con rastrojo de maíz, e) Tratamiento "Av-Ca": compuesto por paja de avena complementada con carrizo triturado (1:1), f) Tratamiento "Cb-Ca": combinado de paja de cebada y carrizo triturado (1:1) y g) Tratamiento "Ma-Ca": mezclado de rastrojo de maíz y carrizo triturado (1:1), dando como resultado 70 unidades de producción. Las muestras sembradas se incubaron a temperatura ambiente (26±2 °C), cuando el micelio del hongo colonizó completamente los sustratos y mostró la aparición de primordios, las bolsas se trasladaron al cuarto de fructi-

ficación donde se propiciaron condiciones apropiadas de humedad (70-80 %), temperatura (26 - 28 °C), luz diurna indirecta y extracción de aire por 1 h, cada 8 h (Garzón y Cuervo, 2008; Romero, 2010).

Se evaluó la eficiencia biológica (EB = peso de hongos frescos/peso de sustrato seco utilizado × 100 (Salmones et al., 1997), la tasa de producción (TP = EB/tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la última cosecha y la tasa de biodegradación (TB= [peso seco del sustrato inicial – peso seco del sustrato final/peso seco del sustrato inicial] × 100). La productividad se expresó en términos de gramos de hongos frescos por el número de cosechas totales (Chairez-Aquino et al., 2015).

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Análisis de los basidiomas de la cepa CP-50 y de *Arundo donax* como sustrato

Se realizó un análisis químico proximal del cuerpo fructífero por cada sustrato evaluado, los basidiomas fueron secados a una temperatura de 35 °C por 36 h, posteriormente se molieron hasta obtener un tamaño de partícula de 0.2 m (AOAC, 2006). Los carbohidratos solubles (CHS) se determinaron por el método Antrona (Koehler, 1952), para análisis de materia seca, ceniza, y proteína cruda, se utilizó el método de Kjeldahl, el factor de conversión de nitrógeno utilizado para la proteína fue de 4.38 (Yang et al., 2001), para materia orgánica (MO = MS-Cen) y carbono (C = MO/1.72) (AOAC 2006). El valor energético fue calculado con los siguientes factores: Kcal/100 g = proteína × 2.62 + extracto etéreo × 8.37 + carbohidratos × 3.48 (Mattila et al., 2002). Adicionalmente se calculó el FDA y la FDN por el método secuencial de Van Soest et al. (1991) en un baño procesador (Ankom Technology Corp., Fairpoint, NY, USA), para determinar la digestibilidad de los basidiomas. Por último, se determinó el ion Calcio por espectrofotometría de absorción atómica por el método de la Norma Oficial Mexicana 051-2001 y ion Fósforo por espectrofotometría visible, según el método de la Norma Oficial Mexicana 029-2001.

Los datos obtenidos se procesaron en el programa estadístico SPSS Statistics versión 17 (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows, efectuando un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar las diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cuantificación de la PT, EB, TP y TB de la CP-50 de *Pleurotus ostreatus*

El tiempo promedio de colonización de los diferentes sustratos fue de 25 días; observándose mejoras significativas en el tiempo de llenado de los sustratos complementados con *A. donax*, parecidos a lo citado por Calderón (2009), de 24 días en paja de cebada, rastrojo de maíz y raicilla (agave silvestre), para esta misma especie de hongo, pero inferiores a lo reportado por Mkhize *et al.* (2016) de 36 días en harina de maíz para *Pleurotus ostreatus*, por lo cual, 25 días en promedio del desarrollo micelial en los diferentes tratamientos son óptimos para el cultivo de setas en condiciones controladas.

El tratamiento Ca obtuvo la mayor producción registrada con 2 680.55 g en promedio con tres cosechas registradas, mientras que la paja de cebada reportó la más baja en todo el ciclo de producción con 1 856.82 g; sin embargo, mejoró la producción en rastrojo de maíz y paja de cebada con la mezcla de carrizo en proporciones 1:1. Esto nos indica que el carrizo silvestre es potencialmente más productivo y puede mejorar la producción de carpóforos en el cultivo de *P. ostreatus* y aumentar la productividad de algunos esquilmos agrícolas al ser mezclados, como se observa en la Figura 1. Bermúdez *et al.* (2007) afirman que la mayor producción se obtiene en los tratamientos donde el sustrato es rico en fibra y carbohidratos estructurales. Por ello, Vargas *et al.* (2012) señalaron que, al analizar el bagazo de caña con aserrín de roble obtuvieron mejores resultados que al utilizar solo el

bagazo de caña. Los parámetros de la producción no solo dependen del balance nutricional conseguido, sino también de aspectos ambientales, la capacidad de retención de agua del sustrato, la aireación y la humedad relativa a través del tiempo de cultivo (Mane *et al.*, 2007).

En la Tabla 1 se muestra el porcentaje de Eficiencia Biológica (EB) por cada uno de los tratamientos evaluados. El sustrato Ca obtuvo la mayor EB con 123.21 % y la menor se presentó en la paja de cebada con 59.95 %, esto podría atribuirse a la concentración de proteína (3 %) disponible en el carrizo, 45 % de materia seca, 18 de FDA y 30 de FDN (Figura 2), además Perdue (1958) menciona que presenta altos niveles de celulosa y hemicelulosa. Jafarpour *et al.* (2010) señalaron que para *P. ostreatus* se obtuvo una EB de 131.73 % en paja de cebada, resultados superiores reportados en esta investigación, sin embargo, Khan *et al.* (2012) citaron una EB máxima de 113.7 en paja de trigo para *P. ostreatus*, resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación. Cabe mencionar que Kumar *et al.* (2014) reportan haber obtenido una mayor EB en el cultivo de *P. ostreatus* con aserrín de especies arbóreas de *Ficus carica* con 187.0 %, *Albizia saman* con 213.2 %, *Swietenia mahagoni* con 200.5 %, *Leucaena leucocephala* con 191.2 % y *Eucalyptus globulus* con 199.5 % suplementados con salvado de trigo y carbonato de calcio.

En este estudio la mayor tasa de producción fue obtenida en el sustrato de Ca con 1.95 % (Tabla 1) y la menor fue obtenida en el Ma con 0.91 %, donde se observan diferencias significativas con la prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados de este estudio son superiores a los obtenidos por Barrios

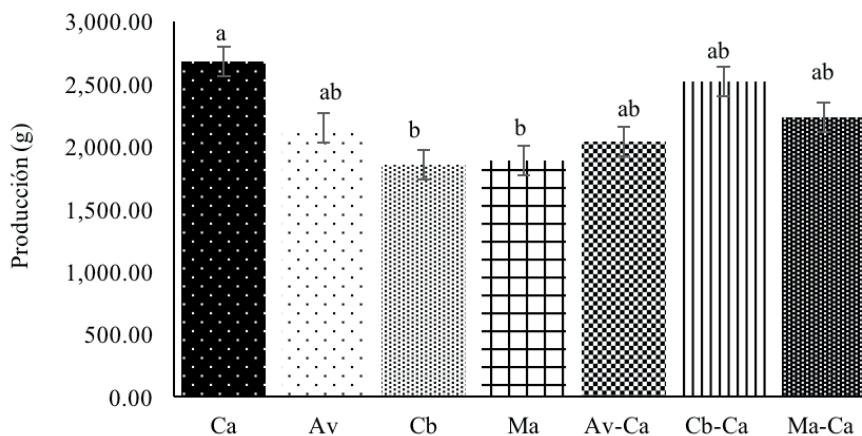


FIGURA 1. Producción total en fresco de la CP-50 de *P. ostreatus* con los diferentes tratamientos.

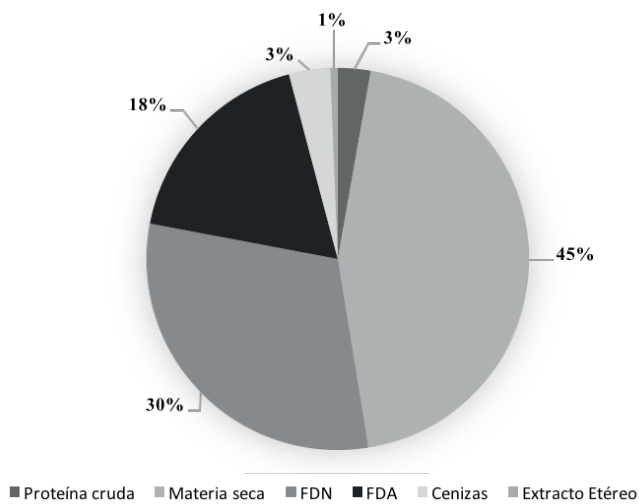


FIGURA 2. Composición química proximal de carrizo silvestres (*Arun-do donax*).

et al. (2009) quienes mencionaron una tasa de producción de 1.79 % en promedio de cuatro cepas diferentes de *P. ostreatus*, utilizando pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) como sustrato. Es importante indicar que la tasa de producción (TP) es un importante parámetro de productividad para la caracterización de cepas productivas y sustratos (Cruz, 2011). Bermúdez et al. (2007) mencionaron que en el cálculo de la TP interviene el tiempo de cultivo; el cual es necesario disminuir para reducir los costos de producción. Así mismo Pardo et al. (2008) mencionaron que es importante administrar el espacio utilizable para la producción, ya que la tercera cosecha no representa rentabilidad en el cultivo.

La tasa de biodegradación (TB) indicó que la CP-50 de *P. ostreatus* es capaz de convertir hasta un 68 % del sustrato Ca en alimento para consumo humano, en comparación al sustrato Cb que alcanzó un 31 % (Tabla 1). López et al. (2005) mencionaron que en rastrojo de maíz se obtuvo una TB del 40 %, superior a lo encontrado en este estudio, una TB de 53.27 % fue obtenida por Romero et al. (2013) en paja de cebada.

Análisis químico proximal de basidiomas de *Pleurotus ostreatus* obtenidos de diferentes sustratos

Se observó efecto significativo de los resultados bromatológicos para cada uno de los tratamientos por medio de un ANOVA de una vía ($F_{7,9} = 3.7$, $P < 0.0065$). Se detectaron mayores niveles de proteína cruda en el tratamiento Ca-Ma con 25.81 % y un contenido mínimo para los esporomas cultivados en paja de cebada

TABLA 1. Eficiencia biológica, tasa de producción y tasa de biodegradación de la CP-50 de *P. ostreatus* bajo diferentes tratamientos

Código	E.B (%)	*	TP (%)	*	TB (%)	*
Ca	123.21	a	1.95	a	68	a
Av	80.47	bc	1.10	d	52	b
Cb	59.95	c	0.92	e	31	d
Ma	64.68	c	0.91	e	38	d
Av-Ca	72.30	c	0.95	e	46	c
Cb-Ca	104.37	ab	1.73	b	64	a
Ma-Ca	87.46	bc	1.28	c	58	b

EB %= Porcentaje de eficiencia biológica, TP %= Porcentaje de tasa de producción, TB %= Porcentaje de tasa de biodegradación, *Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

con 20.34 % (Tabla 2). Estos valores son mayores que los encontrados por Badu et al. (2011) quienes mencionaron un rango de proteína cruda para *P. ostreatus* de 16.33-18.20 % en aserrín de *Triplochiton scleraxylon*, *Ceiba pentandra* y *Terminalia superba*, mientras que en paja de arroz (Sharma et al., 2013) fue de 25.97 % porcentaje, mayor a lo encontrado en este estudio.

Las cenizas presentes en los basidiomas de *P. ostreatus* presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, desde 7.89 a 8.84 % relacionada con el contenido de minerales en las mismas, en cuanto al calcio, el valor más bajo fue para Cb-Ca (18 mg/100 g de materia seca), mientras que los demás tratamientos se encuentran entre 21 y 53 mg/100 g. Para el contenido de fósforo, el valor más alto se encontró en el tratamiento Ca (805) y los restantes residuos estuvieron entre 615-795 mg/100 g de materia seca, los que coinciden con Bandopadhyay (2013). El mayor porcentaje de materia seca en basidiomas de *P. ostreatus* fue en la mezcla de Av-Ca (14.05 %) seguida por Av (12.13 %), Ma-Ca (11.47 %), Cb (11.21%), Ca (10.58 %), Cb-Ca (10.30 %) y la más baja Ma (9.72 %). El rastrojo de maíz y la paja de avena mejoraron sus porcentajes de materia seca en los cuerpos fructíferos al ser mezclados en proporción 1:1 con *A. donax*, como se observa en la Tabla 2. Estos resultados son mejores a los citados por Carbajal (2010), con una materia seca para *P. ostreatus* de 9.26 % en paja de avena, 8.49 % en paja de cebada, 9.42 % en paja de páramo, 8.89 % en trigo y 8.99 % en rastrojo de haba; todos ellos enriquecidos con tuza molida y carbonato de calcio. Sin embargo,

TABLA 2. Análisis químico proximal de basidiomas de la CP-50 de *P. ostreatus* bajo los diferentes tratamientos

CÓDIGO	PROTEÍNA CRUDA*	MATERIA SECA/100 G*	FDN*	FDA*	CENIZAS*	EXTRACTO LIBRE DE N ² *	CALCIO*	FÓSFORO*	KCAL/1000 G*
Ca	24.3±0.01 ^c	10.6±0.03 ^a	73.0±3.08 ^c	30.1±0.01 ^f	8.8±0.04 ^b	58.4±0.02 ^b	22.4±0.29 ^c	805.0±0.58 ^a	284.0±0.58 ^a
Av	20.8±0.02 ^e	12.1±0.00 ^b	66.8±0.00 ^e	46.7±0.00 ^b	8.7±0.03 ^c	44.5±0.29 ^a	42.5±0.29 ^b	614.5±0.29 ^f	254.5±0.29 ^f
Ma	24.3±0.44 ^c	9.7±0.00 ^a	50.7±0.00 ^f	38.6±0.01 ^c	8.7±0.09 ^b	57.2±1.58 ^b	21.5±0.87 ^c	792.0±1.73 ^b	272.5±1.44 ^c
Cb	20.3±0.03 ^f	11.2±0.01 ^d	69.8±0.11 ^d	62.0±0.01 ^a	7.9±0.03 ^d	49.5±0.29 ^c	20.8±2.90 ^c	642.5±1.44 ^e	263.0±1.15 ^d
Av-Ca	24.9±0.02 ^b	14.0±0.01 ^a	66.5±0.09 ^a	35.9±0.03 ^d	8.6±0.01 ^c	47.4±0.23 ^d	22.5±0.29 ^c	698.5±0.29 ^d	246.5±0.29 ^a
Ma-Ca	25.8±0.01 ^a	11.5±0.01 ^c	94.6±0.25 ^a	21.7±0.16 ^g	9.0±0.02 ^a	65.5±0.87 ^a	53.5±0.87 ^a	795.5±0.29 ^b	281.7±2.85 ^b
Cb-Ca	24.1±0.02 ^d	10.4±0.29 ^f	89.4±0.02 ^b	30.5±2.73 ^e	7.9±0.02 ^d	47.6±0.12 ^d	18.0±0.00 ^d	745.2±15.92 ^c	259.5±0.29 ^c

*mg/100 g peso seco.

* Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Ashraf et al. (2013) mencionan que *P. djamor* muestra un porcentaje alto de materia seca cultivado en paja de arroz (17.23 %) superior a *P. ostreatus* con 13.73 % en residuos de algodón y *P. sajor-caju* con 12.63 % en paja de trigo, valores superiores a lo reportado en esta investigación.

Los hongos con mayores constituyentes de la pared celular (CPC) en FDN fueron los cosechados de la combinación Ma-Ca (94.15 %), mientras que el menor lo obtuvo los basidiomas desarrollados en el tratamiento Ma (50.69 %). En cuanto a la FDA, el mayor registro fue obtenido en el cuerpo fructífero del tratamiento Cb (62.04 %) y la menor FDA fue para la combinación de Ma-Ca (21.43 %). Los basidiomas desarrollados en sustratos individuales presentaron concentraciones de fibra similares a diferencia de los combinados, dando como resultado un valor energético determinado para los cuerpos fructíferos de la CP-50 en diferentes tratamientos, donde el valor energético más sobresaliente es para el tratamiento Ca con 284 Kcal/100 g (Tabla 2). Si comparamos el contenido calórico de las setas en peso fresco con otros alimentos, podemos comprobar que es similar al de una manzana (31 Kcal/100 g) y mayor que el de un plátano (10 Kcal/ 100 g) de acuerdo con Farran (2003).

CONCLUSIONES

La cepa CP-50 de *P. ostreatus* presentó una adecuada colonización y producción en el tratamiento elaborado a base de carrizo, por lo que este sustrato es una buena alternativa para su cultivo y presentó altos rendimientos (2 680.55 g), alta EB y TP al utilizarse en

combinación con otros sustratos convencionales en la producción de setas, donde obtuvo un excelente desarrollo en el tratamiento Cb-Ca (104.37 %). Igualmente, los basidiomas provenientes del tratamiento Ca, presentaron el valor energético más sobresaliente 284 Kcal/100 g. Por lo que se concluye que el carrizo silvestre o cultivado, se puede aprovechar en las comunidades rurales aledañas al municipio de Tétela de Ocampo, Puebla-México, impulsando de esta manera la agroindustria rural de la región.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectora de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y al CONACyT por el apoyo del financiamiento a este proyecto de investigación.

LITERATURA CITADA

- Andrino, A., A. Morte, M. Honrubia, 2011. Caracterización y cultivo de tres cepas de *Pleurotus eryngii* (Fries) sobre sustratos basados en residuos agroalimentarios. *Anales de Biología* 33: 53-66.
- AOAC, 2006. Official methods of analysis. (18th ed.), Association of Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Ashraf, J., M.A. Ali, W. Ahmad, C.M. Ayyub, J. Shafi, 2013. Effect of different substrate supplements on oyster mushroom (*Pleurotus spp.*) production. *Food Science and Technology* 1(3): 44-51.
- Badu, M., S.K. Twumasi, N.O. Boadi, 2011. Effects of lignocellulosic in wood used as substrate on the quality and yield of mushrooms. *Food and Nutrition Sciences* 2: 780-784.
- Bandopadhyay, S., 2013. Effect of supplementing rice straw with water hyacinth on the yield and nutritional qualities of oyster mushrooms (*Pleurotus spp.*). *Micología Aplicada Internacional* 25(2):15-21.
- Barrios, B.M., L. Moreno, J.E. Sánchez, 2009. Composteo en cajones de madera como pre-tratamiento del sustrato para cultivar *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Micología* 29: 51-59.

- Bermúdez, R., N. García, A. Mourlot, 2007. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de Cedro. *Tecnología Química* 27(2): 55-62.
- Calderón, M.J., 2009. Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (*Zea mays* L.) para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152). Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 63 p.
- Carbajal, T.G.M., 2010. Evaluación de la Producción del Hongo *Pleurotus ostreatus* sobre Cinco Tipos de Sustratos (Tamo de Trigo, Tamo de Cebada, Tamo de Vicia, Tamo de Avena y Paja de Páramo); Enriquecidos con Tuza Molida, Afrencho de Cebada y Carbonato de Calcio. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. pp. 56-81.
- Coffman, G.C., R.F. Ambrose, P.W. Rundel, 2010. Wild re promotes dominance of invasive giant reed (*Arundo donax*) in riparian ecosystems. *Biological Invasions* 12: 2723-2734.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2011. La Biodiversidad de Puebla: estudio de Estado. BUAP, México. 409 p.
- Corno, L., R. Pilu, F. Adani, 2014. *Arundo donax* L.: a non-food crop for bioenergy and bio-compound production. *Biotechnology Advances* 32(8): 1535-1549.
- Cruz, S.A, 2011. Evaluación de la actividad antibacteriana de cepas híbridas de *Pleurotus* spp. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México. D. F. 69 p.
- Chairez-Aquino, J., J.R. Enríquez del Valle, L.J. Ruíz, G.V. Campos-Ángeles, R. Martínez-García, 2015. Uso del bagazo de *Agave* spp y hojas de maíz para cultivar el hongo *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 2(1): 23-28.
- Faix, O., D. Meier, O. Beinhoff, 1989. Analysis of lignocelluloses and lignins from *Arundo donax* L. and *Miscanthus sinensis* Anders., and hydroliquefaction of *Miscanthus*. *Biomass* 18(2): 109-126.
- Farran, A., R. Zamora, P. Cervera, 2003. CESNID. Tabla de composición de los alimentos. McGraw Hill Ediciones UB. Barcelona.
- Flores, M.J., N.A. Prado, O.L. Domínguez, R. Mendoza, M.I. González, 2008. El carrizo gigante, especie invasora en ecosistemas riparios. *CONABIO. Biodiversitas* 81:6-10.
- Garzón, G.J., A.J. Cuervo, 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Ciencias Biomédicas* 6(10): 126-140.
- Global Invasive Species Database. 2012. *Arundo donax*. Consultado el 28 de marzo de 2018 en: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=112>.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto-Velazco, L. Guzmán-Dávalos, 2013. El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención especial a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 245 p. (3ª. edición).
- Herrera, A., T. Dudley, 2003. Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. *Biological Invasions* 5: 167-177.
- Jackson, N.E., W. Katagi, C. Loper, 2002. Southern California Integrated Watershed Program "Arundo" Removal Protocol. Santa Ana Watershed Project Authority.
- Jafarpour, M., A. Jalali, B. Dehdashtizadeh, S. Eghbalsaiied, 2010. Evaluation of agricultural wastes and food supplements usage on growth characteristics of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agricultural Research* 5(23): 3291-3296.
- Khan, N.A., N. Khaliq, I.U. Haq, N. Javed, A.S. Gondal, 2012. Impact of carbohydrates and mineral contents of different indigenous strains of oyster mushroom (Jacq. Fr.) cultivated on different agricultural wastes. *International Journal of Phytopathology* 1: 56-61.
- Kholoud, M., A. Nahla, S. Nadia, K. Al, 2014. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date palm leaves mixed with other agrowastes in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* 21: 616-625.
- Koehler, L.H., 1952. Differentiation of carbohydrates by antrone reaction, rate and color intensity. *Analytical Chemistry* 24(10): 1576-1591.
- Kumar, A.R., 2014. Bioefficacy of some insecticides against the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*, Westwood (Homoptera; Aleyrodidae) on tomato. *Bioscan* 9: 1073-1076.
- López, C.E., M.L. Ancona, P.S. Medina, 2005. Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología* 21:93-97.
- Mane, V.P., S.S. Patil, A.A. Syed, M.V. Baig, 2007. Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *J Zhejiang Univ Sci B* 8(10): 745-51.
- Martínez, G.M.A., D. Sihuanca, L.A. Macías, L. Pérez, M.D. Martínez, O. López, 2012. Characterization and production of Shiitake (*Lentinula edodes*) in Mexico using supplemented sawdust. *African Journal of Biotechnology* 11(46): 10582-10588.
- Mattila, P., A.M. Lampi, R., Ronkainen, J. Toivo, V. Piironen, 2002. Sterol and vitamin D2 contents in some wild and cultivated mushrooms. *Food Chemistry* 76: 293-298.
- McGaugh, S., D. Hendrickson, G. Bell, H. Cabral, K. Lyons, L. McEachron, O. Munoz, 2006. Fighting an aggressive wetlands invader: a case study of giant reed, (*Arundo donax*) and its threat to Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico. Luchando contra una especie ribereña, invasora y agresiva: Un estudio de caso del Carrizo Grande (*Arundo donax*) y la amenaza que representa para Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. In: *Studies of North American Desert Fishes in Honor of E.P. (Phil) Pister*, Conservationist, edited by Ma. de Lourdes Lozano-Vilano and A.J. Contreras-Balderas, Monterrey, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.
- Medel Ortiz, R., T.A. Espinosa, A.P. Sánchez, O. Romero-Arenas, R.L. López, 2011. Diversidad de hongos In: *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.
- Mkhize, S.S., Cloete, J., Basson, A.K., Zharare, G.E. 2016. Performance of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown on maize stalk residues supplemented with various levels of maize flour and wheat bran. *Food Science and Technology*, 36(4): 598-605.
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-029. 2001. Diario Oficial de la Federación. México. D.F. <http://www.conagua.gob.mx/CO>

- NAGUA07/Noticias/NMX-AA-029-SCFI-2001.pdf; (consultada 18/04/18).
- Norma Oficial Mexicana NMX-AA-051. 2001. Diario Oficial de la Federación. México. D.F. <http://www.conagua.gob.mx/CO-NAGUA07/Noticias/NMX-AA-051-SCFI-2001.pdf>; (consultada 18/04/18).
- Pardo, A., M.A. Perona, J. Pardo, 2008. Evaluación de nuevos materiales en la elaboración de sustratos específicos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. Cuadernos de Fito-patología 85: 77-84.
- Patil, S.S., S.A. Ahmed, S.M. Telang, M.V. Baig, 2010. The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr) Kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. Innovative Romanian Food Biotechnology 7: 66-76.
- Perdue, R.E., 1958. *Arundo donax* source of musical reeds and industrial cellulose. Economic Botany 12(4): 368-404.
- Romero, O., M. Huerta, M.A. Damián, A. Macías, A. Tapia, J.F. Parraguirre, J. Juárez, 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Agronomía Costarricense 34(1): 53-63.
- Romero, O., I. Hernández, J.F. Conrado, M.N. Márquez, J.L. Amaro, 2013. Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexicana de Agronegocios 33: 472-481.
- Salmones, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez, G. Guzmán, 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. Revista Iberoamericana de Micología 14: 173-176.
- Salmones, D., H. Ballesteros, R. Zulueta, G. Mata, 2012. Determinación de las características productivas de cepas mexicanas silvestres de *Agaricus bisporus*, para su potencial uso comercial. Revista Mexicana de Micología 3(6): 9-15.
- Seawright, E.K., Rister, E.M., Lacewell, D.R., McCorkle1, A.D., Sturdivant, W.A., Yang, C., Goolsby, A.J. 2009. Economic Implications for the Biological Control of *Arundo donax*: Rio Grande Basin. Southwestern Entomologist 34(4): 377-394.
- Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial Puebla, 2012. Programa de prevención y gestión integral de residuos para el estado de Puebla 2011-2017. En www.puebla.gob.mx. 10 p.
- Sharma, S., R.K. Yadav, C. Pokhrel, 2013. Growth and Yield of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. Journal on New Biological Reports 2(1): 03-08.
- Shimomura, N., K. Hasebe, 2004. Estimation of viability of inner bark tissue of *Quercus serrata*, a substrate for log cultivation of *Lentinula edodes*, using the TTC assay method. Mycoscience 45: 362-365.
- Sobal, M., P. Morales, M. Bonilla, G. Huerta., D. Martínez-Carrera, 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1, 14 pp. In: El cultivo de setas *Pleurotus* spp., en México.
- Suárez, C., I.J. Nieto, 2013. Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en la obtención de nutraceuticos. Revista Iberoamericana de Micología 30(1): 1-8.
- Van-Soest, P.J., J.B. Robertson, B.A., Lewis, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.
- Vargas, P.S., J.L. Hoyos, S.A. Mosquera, 2012. Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 10(1): 136-145.
- Yang, J.H., H.C. Lin, J.L. Mau, 2001. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms. Food Chemistry 72 (4): 465-467.